Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 3, Fall. 2019, p. 467-476

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۴۷۶-۴۶۷

اثر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر رشد و القای تحمل به گرمای انتهای فصل گندم (*Triticum aestivum* L.)

نفیسه اسدی نسب[۱]، مجید نبی پور[۲*]، حبیب اله روشنفکر[۳]، افراسیاب راهنما قهفرخی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۱۳

چکیده

این پژوهش به‌منظور مطالعه تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید آبسزیک بر کاهش اثرات سوء تنش گرمای دوره زایشی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم فونگ و چمران)، طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. تنش گرما با توجه به برآورد ۳۰ ساله دمای محیط و بر اساس تاریخ کاشت لحاظ گردید. در این آزمایش سه عامل محلول‌پاشی شامل شاهد (عدم محلول‌پاشی)، اسید آبسزیک (۳۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۶۹ میلی‌گرم در لیتر) و زمان کاربرد ترکیبات شیمیایی مختلف شامل ۱۵ روز قبل از گلدهی، گلدهی، ۱۵ روز پس از گلدهی و محلول‌پاشی در سه زمان ۱۵ روز قبل از گلدهی، گلدهی و ۱۵ روز پس از گلدهی و ارقام گندم فونگ و چمران، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سبب افزایش تعداد دانه در بوته (اسید سالیسیلیک با متوسط ۹۴/۵ و اسید آبسزیک با متوسط ۸۶/۴ دانه در بوته) در مقایسه با تیمار شاهد (با متوسط ۷۵ دانه در بوته) شد که افزایش وزن دانه را به دنبال داشت. با توجه به نتایج صفات وزن دانه در بوته (۴/۰ گرم در بوته)، وزن هزار دانه (۴۱/۲ گرم) و شاخص برداشت (۴۹/۶ درصد) به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۶۹ میلی‌گرم بر لیتر در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن در رقم چمران در استان خوزستان و مناطقی با شرایط مشابه، مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: اسید آبسزیک، اسید سالیسیلیک، شاخص برداشت، وزن دانه در بوته

مقدمه

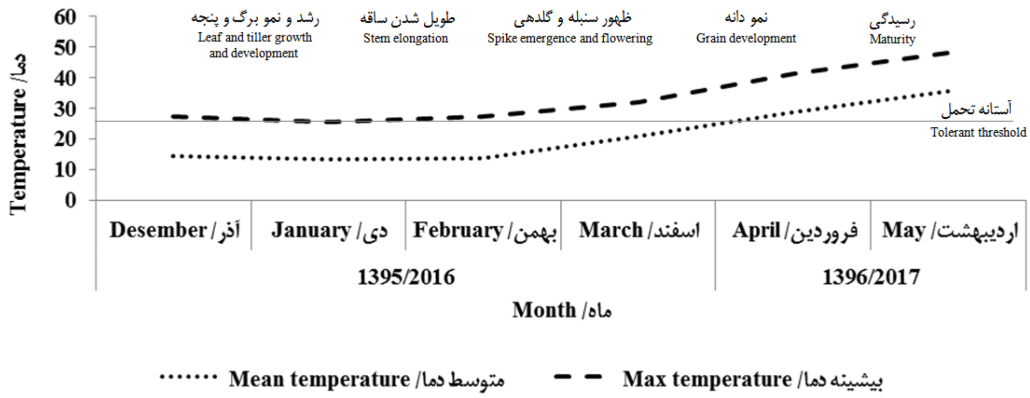
گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از غلات است که به‌طور وسیع در جهان کشت می‌شود (Kumar *et al.*, 2012). حدوداً ۴۰ درصد از کل زمین‌های آبی که گندم در آن‌ها کشت می‌شود متأثر از تنش گرما هستند (Reynolds *et al.*, 2001). رشد و عملکرد گیاه متأثر از تنش‌های محیطی به‌ویژه دمای بالاست (Ferris *et al.*, 1998). گندم نیز در طول مرحله زایشی به دمای بالا حساس است. تنش گرما بر فتوسنتز، ترکیبات غشایی سلولی و درون سلولی، محتوای پروتئین‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها مؤثر است و به‌طور قابل‌توجهی تولید گیاه را محدود می‌کند (Kumar *et al.*, 2012). گرمای جهانی با تغییر در الگوهای آب و هوایی و افزایش تکرار وقایع حاد به چالش مهمی در تولید گیاهان زراعی و باغی تبدیل‌شده است (Wahid *et al.*, 2007). نقش اسید آبسزیک به‌عنوان هورمون کنترل‌کننده تنش به‌خوبی اثبات شده است (Zhang *et al.*, 2015). در شرایط تنش‌هایی که منجر به کم‌آبی می‌گردند، اسید آبسزیک تولید و به‌عنوان یک پیام به سلول‌های محافظ روزنه ارسال می‌شود. در آنجا اسید آبسزیک سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و روابط آبی گیاه را بهبود می‌بخشد (Hussain *et al.*, 2012). اسید آبسزیک سیتوزولی در طول تنش افزایش می‌یابد که نتیجه‌ی زیست ساخت آن در برگ و ورود از ریشه‌ها و بازچرخش از سایر برگ‌هاست. میزان اسید آبسزیک پس از جذب مجدد رطوبت به دلیل تجزیه و صدور از برگ‌ها و همچنین کاهش در نسبت زیست ساخت آن، کاهش می‌یابد (Hussain *et al.*, 2012). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان سبب افزایش ترکیبات دفاعی مانند پرولین می‌شود (Sakhabudinova *et al.*, 2003). مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه مرتبط است و اسید سالیسیلیک از این طریق گیاه را از آسیب‌های اکسیداتیو حفظ می‌کند (Khan *et al.*, 2003). همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک مقدار پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که می‌تواند به ثبات غشاء تحت شرایط تنش کمک کند (Nemeth *et al.*, 2002). افزایش وزن دانه ذرت در تیمار اسید سالیسیلیک ناشی از

۱- دانش‌آموخته دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: m.nabipour@scu.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v17i3.74916

انتقال بیشتر آسیمیلات‌ها و مواد حاصل از فتوسنتز به دانه‌ها می‌باشد (Zhou *et al.*, 1999). زیرا در شرایط تنش، اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کلروفیل کل ذرت (*Zea mays* L.) گردید (Zhou *et al.*, 1999). برخی محققان عنوان کردند محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک در گندم، تولید را به دلیل بهبود ارتفاع بوته، تعداد و سطح سبز برگ، قطر و وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ‌های گیاه کامل افزایش داد (Hussain *et al.*, 2012). افزایش تحمل گیاهان از طریق استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد راه‌کاری عملی است. استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی با افزایش فعالیت مکانیسم‌های دفاعی گیاه و همچنین بهبود خسارت‌های واردشده به گیاه نقش مؤثری در مقابله با تنش ایفا می‌کند. بدین منظور آزمایش حاضر باهدف کاهش اثرات سوء گرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در اهواز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. این آزمایش به‌صورت گلدانی (در شرایط طبیعی) اجرا و تنش گرما با توجه به برآورد ۳۰ ساله دمای محیط و بالاتر بودن آن نسبت به آستانه تحمل گرمایی گیاه گندم (۲۶ درجه سانتی‌گراد)، بر اساس تاریخ کاشت (کشت در تاریخ ۱۵ آذرماه) لحاظ گردید (شکل ۱).



شکل ۱- متوسط و بیشینه دما در مراحل نموی مختلف گندم در اهواز

Figure 1- Mean and max temperatures at developed stages of Wheat in Ahvaz

جدول ۱- نتایج آزمون خاک

Table 1- Soil test results

پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن N ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
244	14.00	63	8.04	1.4

در این آزمایش سه عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول: محلول‌پاشی شامل شاهد (عدم محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی با اسید آبسزیک ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر (سیگما آلدریچ با وزن مولکولی ۲۶۴/۳۲ گرم بر مول) (Zhang *et al.*, 2015) و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۶۹ میلی‌گرم بر لیتر (مرک با وزن مولکولی ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول) (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2015). عامل دوم: زمان محلول‌پاشی شامل محلول‌پاشی ۱۵ روز قبل از گلدهی (آغاز تورم غلاف- کد ۴۳ زیداکس)، محلول‌پاشی در زمان گلدهی (ظاهر شدن نخستین بساک‌ها- کد ۶۱ زیداکس)، محلول‌پاشی ۱۵ روز پس از گلدهی، محلول‌پاشی در سه زمان ۱۵ روز قبل از گلدهی، گلدهی و ۱۵ روز پس از گلدهی. عامل سوم: ارقام گندم شامل فونگ (زودرس، از انواع گندم نان، مبدأ سمیت و پدیگری fong chan # 3 TRT "s"//Vce # a/3/cook) و چمران (متوسط رس، از انواع گندم نان، مبدأ سمیت و پدیگری Attila 50).

ابتدا خاک گلدان‌ها (خاک مزرعه) توسط قارچ‌کش بنومیل دو در هزار ضدعفونی شده و پس از آن با توجه به آزمون خاک گلدان‌ها (جدول ۱)، کودهای شیمیایی بر اساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای گیاه گندم (شامل: ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره [با فرمول شیمیایی $CO(NH_2)_2$، ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص] به‌صورت تقسیط در مراحل پایه (بذر خشک- کد ۰۰ زیداکس)، پایان پنجه‌زنی (ظاهر شدن بیشترین تعداد پنجه‌ها- کد ۲۹ زیداکس)، پایان ساقه رفتن و ظهور سنبله (خروج نوک گل‌آذین از غلاف و ظهور اولین سنبلک‌ها- کد ۵۱ زیداکس)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل [با فرمول شیمیایی $Ca(H_2PO_4)$، ۶۹ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر] و

سولفات پتاسیم [با فرمول شیمیایی K_2SO_4، ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم] در مرحله پایه) مورداستفاده قرار گرفت و ۱۵ بذر (پس از عمل ضدعفونی)، در هر گلدان (گلدان های پلاستیکی به ارتفاع ۴۱/۵ و قطر ۳۳ سانتی‌متر با گنجایش هشت کیلوگرم خاک) کشت شد.

آبیاری بر اساس توصیه‌های علمی موجود مراکز تحقیقاتی برای گیاه گندم صورت گرفته و در مرحله سه تا چهار برگی عمل تنک انجام شد و تعداد گیاهچه‌ها به پنج بوته در هر گلدان کاهش یافت. محلول‌ها در زمان‌های مناسب و تعیین‌شده توسط افشانه دستی اعمال شدند. در زمان رسیدگی کامل، سه بوته از هر گلدان (درمجموع نه بوته از هر تیمار) برداشت شد و صفاتی ازجمله وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول برگ پرچم، تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلک در سنبله، تعداد دانه در سنبلک، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه‌وتحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت. به‌منظور مقایسه میانگین صفات از مقادیر حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر نوع محلول در زمان محلول‌پاشی (جدول ۳)، بیش‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان دو هفته قبل از گلدهی به میزان ۱۰/۸ گرم در بوته (۱۰/۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و کم‌ترین میزان آن در تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده تحت تاثیر محلول‌پاشی با اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در زمان‌های مختلف رشد در ارقام فونگ و چمران گندم

Table 2- Analysis of variance for the effect of foliar application with salicylic acid and abscisic acid at different growth times of Fong and Chamran wheat cultivars on studied characteristics

		میانگین مربعات Mean squares					
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ارتفاع بوته Plant length	طول برگ پرچم Flag leaf length	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در بوته Spike number per plant	تعداد سنبلک در سنبله Spikelet number per spike
Replication بلوک	2	0.56 ^{ns}	1.27 ^{ns}	1.90 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.06 ^{ns}	1.02 ^{ns}
Solution type نوع محلول	1	0.01 ^{ns}	2.52 ^{ns}	0.08 ^{ns}	4.69 ^{ns}	0.52 *	0.01 ^{ns}
Error خطا	2	1.19	39.52	0.15	0.75	0.02	0.06
زمان محلول‌پاشی Foliar application time	3	1.39 **	39.36 ^{ns}	1.39 **	2.58 **	0.63 *	1.06 ^{ns}
نوع محلول × زمان محلول‌پاشی Solution type × Foliar application time	3	1.06 *	6.02 ^{ns}	1.14 **	1.58 *	0.35 ^{ns}	4.06 **
Error خطا	12	0.26	17.03	0.16	0.35	0.18	0.43
رقم Variety	1	6.75 **	11.02 ^{ns}	0.33 ^{ns}	2.52 **	0.52 ^{ns}	2.08 **
نوع محلول × رقم Solution type × Variety	1	0.08 ^{ns}	4.69 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.08 ^{ns}
زمان محلول‌پاشی × رقم Foliar application time × Variety	3	8.47 **	11.74 ^{ns}	0.17 ^{ns}	3.85 **	0.35 ^{ns}	0.58 **
نوع محلول × زمان محلول‌پاشی × رقم Solution type × Foliar application time × Variety	3	2.47 **	15.96 ^{ns}	0.14 ^{ns}	3.58 **	0.52 ^{ns}	0.69 **
Error خطا	16	0.08	8.04	0.17	0.35	0.27	0.12
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)	–	2.8	6.1	5.2	9.1	16.3	2.2

*، ** و ns: به‌ترتیب سطح معنی‌داری در سطح ۵ درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

*, ** and ns: respectively, the significant level at the level of 5%, 1% and non-significant difference.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم در زمان محلول‌پاشی (جدول ۴)، نشان داد که بیشترین میزان تغییر در وزن خشک اندام هوایی (۱۷/۱ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) متعلق به تیمار محلول‌پاشی رقم فونگ در زمان دو هفته پس از گلدهی بود (جدول ۴). کاربرد اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن در دو رقم فونگ و چمران سبب کاهش ۱۰/۹ درصدی وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با شاهد شد (جدول ۴). تنش گرما انتهای فصل با اختلال در فتوسنتز باعث کاهش در زیست‌توده تولیدی می‌گردد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که محلول‌پاشی اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در زمان دو هفته قبل از گلدهی، گلدهی و دو هفته پس از گلدهی اثرات سوء ناشی از تنش گرمای پایان فصل را تقلیل می‌دهد (جداول ۳ و ۴). تحت شرایط تنش اسید سالیسیلیک بر فتوسنتز و رشد گیاه اثر مثبت دارد و کاهش رشد ناشی از تنش را تقلیل می‌بخشد (El-Tayeb, 2005). اسید سالیسیلیک سبب القای تجمع پرولین در گیاهچه‌های گندم تحت تنش می‌شود (Sakhabudinova *et al.*, 2003) و پرولین نقش مهمی در پایداری پروتئین‌ها و غشاء سلولی دارد (Zaki and Radwan, 2011).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی با اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در زمان‌های مختلف رشد گندم بر وزن خشک اندام هوایی، طول برگ پرچم، طول سنبله، تعداد سنبلک در سنبله و تعداد دانه در بوته

Table 3- Mean comparison of the effect of foliar application with salicylic acid and abscisic acid at different growth times of wheat on shoot dry weight, flag leaf length, spike length, spikelet number per spike and grain number per plant

نوع محلول × زمان محلول‌پاشی Foliar application time×Solution type	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ($g\ plant^{-1}$)	طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد سنبلک در سنبله Spikelet number per spike	تعداد دانه در بوته Grain number per plant
شاهد Control	9.7	6.7	7.2	15.3	75.0
اسید آبسزیک × دو هفته قبل از گلدهی Abscisic acid × 15 days before flowering	10.0	7.3	6.5	15.5	82.0
اسید آبسزیک × گلدهی Abscisic acid × flowering	10.5	8.3	7.3	15.3	86.0
اسید آبسزیک × دو هفته پس از گلدهی Abscisic acid × 15 days after flowering	10.5	7.7	7.0	16.0	88.2
اسید آبسزیک × گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن Abscisic acid × flowering and 15 days before and after that	10.0	8.5	6.5	16.5	88.3
اسید سالیسیلیک × دو هفته قبل از گلدهی Salicylic acid × 15 days before flowering	10.8	7.7	6.8	15.8	88.2
اسید سالیسیلیک × گلدهی Salicylic acid × flowering	10.2	7.5	6.3	16.8	91.2
اسید سالیسیلیک × دو هفته پس از گلدهی Salicylic acid × 15 days after flowering	10.5	8.2	6.5	15.0	87.7
اسید سالیسیلیک × گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن Salicylic acid × flowering and 15 days before and after that	9.5	8.2	5.2	15.7	93.0
LSD (0.05%)	0.9	0.7	1.0	1.2	8.9

به نظر می‌رسد در مواجه گیاه با تنش‌های زنده و غیرزنده، اسید سالیسیلیک با تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی باعث افزایش زیست‌توده تولیدی می‌شود. نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داد که اسید سالیسیلیک اثرات سوء تنش بر رشد گیاهان را کاهش داد (Shakirova *et al.*, 2003). در شرایط تنش اسید آبسزیک در بافت‌های گیاه تولیدشده و به‌عنوان یک سیگنال به سلول‌های محافظ روزنه ارسال و سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که روابط آبی گیاه را بهبود بخشیده و اثرات منفی تنش گرما را کاهش می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع محلول در زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین طول برگ پرچم متعلق به تیمار محلول‌پاشی با اسید آبسزیک در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن به میزان ۸/۵ سانتی‌متر (۲۱/۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) بود (جدول ۳). کم‌ترین مقدار طول برگ پرچم به تیمار محلول‌پاشی با اسید آبسزیک در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن با میزان ۷/۳ سانتی‌متر

(۸/۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) اختصاص داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در زمان محلول‌پاشی، بیش‌ترین طول برگ پرچم متعلق به تیمارهای محلول‌پاشی رقم چمران در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن و همچنین در زمان دو هفته پس از گلدهی با میزان ۸/۳ سانتی‌متر (۱۹/۳ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) بود (جدول ۴). کم‌ترین مقدار طول برگ پرچم به تیمارهای محلول‌پاشی رقم فونگ در زمان گلدهی و دو هفته قبل از گلدهی با میزان ۷/۵ سانتی‌متر (۱۰/۷ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) اختصاص داشت (جدول ۴). در شرایط تنش گرما اسید آبسزیک با کاهش در هدایت روزنه‌ای و کاهش اتلاف رطوبت از کمبود آب و کاهش شدید تورژسانس سلولی جلوگیری نموده و کاهش رشد و توسعه سلول درنتیجه‌ی تنش گرما را تا حدودی تعدیل می‌نماید. در شرایط تنش با کاهش رشد سلول از طریق کاهش تقسیم سلول و کاهش اندازه سلول، اندازه اندام نیز محدود می‌شود (Salarpour Ghoraba and Farahbakhsh, 2014). به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق سنتز پروتئین‌های خاصی به نام پروتئین کیناز که وظیفه تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زایی سلول را بر عهده‌دارند، فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و نمو گیاه را تنظیم می‌کند و نقش مؤثری در افزایش طول دارد (Hayat *et al.*, 2010).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی در زمان‌های مختلف رشد ارقام فونگ و چمران گندم بر وزن خشک اندام هوایی، طول برگ پرچم، تعداد سنبلک در سنبله و تعداد دانه در سنبلک

Table 4- Mean comparison of the effect of foliar application at different growth times of Fong and Chamran wheat cultivars on shoot dry weight, flag leaf length, spikelet number per spike and grain number per spikelet

رقم × زمان محلول‌پاشی Cultivars × Foliar application time	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g plant^{-1})	طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	تعداد سنبلک در سنبله Spikelet number per spike	تعداد دانه در سنبلک Grain number per spikelet
فونگ × شاهد Fong × control	9.7	6.7	15.3	2.7
فونگ × دو هفته قبل از گلدهی Fong × 15 days before flowering	9.8	7.5	15.5	3.0
فونگ × گلدهی Fong × flowering	11.0	7.5	15.8	2.5
فونگ × دو هفته پس از گلدهی Fong × 15 days after flowering	11.7	7.8	16.2	2.8
فونگ × گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن Fong × flowering and 15 days before and after that	9.0	8.0	16.0	2.8
چمران × شاهد Chamran × control	10.1	6.7	16.3	2.7
چمران × دو هفته قبل از گلدهی Chamran × 15 days before flowering	10.5	7.7	15.2	2.5
چمران × گلدهی Chamran × flowering	10.5	8.2	15.8	2.8
چمران × دو هفته پس از گلدهی Chamran × 15 days after flowering	10.5	8.3	15.7	3.0
چمران × گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن Chamran × flowering and 15 days before and after that	9.0	8.3	16.5	2.8
LSD (0.05%)	0.5	0.7	0.6	0.5

با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع محلول در زمان محلول‌پاشی، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان طول سنبله به‌ترتیب در تیمار محلول‌پاشی با اسید آبسزیک در زمان گلدهی با میزان ۷/۳ سانتی‌متر (۱/۴ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن به میزان ۵/۲ سانتی‌متر (۲۷/۸ درصد کاهش در مقایسه با

شاهد) به‌دست آمد (جدول ۳). کاهش طول سنبله ناشی از تنش گرمای پایان فصل به دلیل حساسیت زیاد گندم به دماهای بالای آستانه تحمل آن است. زمانی‌که دما افزایش می‌یابد، گندم دوره رشدی خود را با سرعت بیشتری کامل نموده، دوره رشدی مریستم زایشی در ایجاد سنبله محدودشده و وارد مرحله زایشی می‌شود، به همین دلیل دوره کوتاه‌تری را برای افزایش طول سنبله و تولید سنبلک در اختیار دارد، درنتیجه طول سنبله کاهش می‌یابد (Modarresi *et al.*, 2010). طول سنبله از صفاتی است که می‌تواند بر عملکرد تأثیر مثبت بگذارد، البته در تمام شرایط صادق نیست. به‌ویژه در شرایطی که مرحله پس از گلدهی با تنش‌های محیطی همراه می‌شود، باوجود سنبله‌های بلند، به دلیل چروکیدگی زیاد دانه‌ها، عملکرد کاهش می‌یابد (Abdoli *et al.*, 2011). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که محلول‌پاشی اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک باعث کاهش طول سنبله گندم شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آبسزیک، گیاه از طریق تولید سنبله کوتاه‌تر و جهت‌گیری بیشتر تولیدات فتوسنتزی به سمت دانه‌ها، سبب کاهش تولید دانه‌های چروکیده و افزایش عملکرد در شرایط تنش گرمای آخر فصل شده است (Kaydan and Yagmur, 2006).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع محلول در زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین میانگین تعداد سنبلک در سنبله متعلق به تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان گلدهی (به میزان ۱۸/۸، ۸/۹ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) بود (جدول ۳). کم‌ترین میزان تعداد سنبلک در سنبله با میزان ۱۵ به تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان دو هفته پس از گلدهی (۱/۹ درصد کاهش در مقایسه با شاهد) اختصاص داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در زمان محلول‌پاشی، بیش‌ترین تعداد سنبلک در سنبله متعلق به تیمار محلول‌پاشی رقم چمران در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن با میزان ۱۶/۵ (۱/۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) بود (جدول ۴). کم‌ترین مقدار تعداد سنبلک در سنبله به تیمار محلول‌پاشی رقم چمران در زمان دو هفته قبل از گلدهی با میزان ۱۵/۲ (۶/۷ درصد کاهش در مقایسه با شاهد) اختصاص داشت (جدول ۴). زمانی که گیاه گندم در مرحله نمو سنبله در معرض دمای بالا قرار می‌گیرد، دمای بالا از طریق کاهش نمو سنبله موجب کاهش تعداد سنبلک در سنبله می‌شود (Singh *et al.*, 2011). مرحله رشد رویشی گیاه که در آن پتانسیل تعداد سنبلک در سنبله تعیین می‌شود، باید با شرایط مطلوبی مواجه شود تا این جز دچار نقصان نشود (Ahmadi and Bahrani, 2009).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در زمان محلول‌پاشی، کم‌ترین تعداد دانه در سنبلک ۲/۵ متعلق به تیمارهای محلول‌پاشی رقم فونگ در زمان گلدهی و محلول‌پاشی رقم چمران در زمان دو هفته قبل از گلدهی بود (۷/۴ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و بیش‌ترین میزان آن (۳/۰، ۱۱/۱ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) در تیمارهای محلول‌پاشی رقم فونگ در زمان دو هفته قبل از گلدهی و محلول‌پاشی رقم چمران در زمان دو هفته پس از گلدهی به‌دست آمد (جدول ۴).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع محلول در زمان محلول‌پاشی، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تعداد دانه در بوته به‌ترتیب در تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن با میزان ۹۳/۰ (۱۹/۳ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و تیمار محلول‌پاشی با اسید آبسزیک دو هفته قبل از گلدهی به میزان ۸۲/۰ (۸/۵ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در بوته به‌ترتیب به تیمارهای محلول‌پاشی در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن با میزان ۹۵/۷ (۲۱/۶ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) و تیمار محلول‌پاشی در زمان دو هفته قبل از گلدهی به میزان ۸۵/۱ (۱۱/۹ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) اختصاص داشت (جدول ۶). تعداد دانه یکی از عوامل بسیار مهم در ارتباط با عملکرد است. تعداد دانه، نسبت به سایر اجزای عملکرد، بیش‌تر در معرض آسیب تنش‌های محیطی است، زیرا تحت شرایط نامساعد، گیاهان اندام‌های مهمی مثل پنجه‌ها و گلچه‌ها را از دست می‌دهند و تعداد کمی دانه بزرگ تشکیل می‌شود. در شرایط تنش، اهمیت تعداد دانه نسبت به‌اندازه دانه، به‌قدری است که از دست دادن تعداد دانه، نسبت به کاهش در اندازه دانه به میزان بیش‌تری بر کاهش عملکرد تأثیر دارد (Barnabas *et al.*, 2008). نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش حاضر نشان داد که کاربرد اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک، تعداد دانه در بوته را در مقایسه با شاهد افزایش داد (جداول ۳ و ۶). برخی آزمایش‌های دیگر نیز افزایش تعداد دانه در شرایط محلول‌پاشی هورمون‌ها را گزارش نمودند (Naghizadeh and Gholami Tooran Poshty, 2014; Kaydan and Yagmur, 2006). تنش گرما از یک‌سو با کاهش دوره نمو سنبله و از سویی دیگر با ایجاد عقیمی در اندام‌زایشی و کاهش تشکیل دانه موجب کاهش تعداد دانه می‌گردد (Zaki and Radwan, 2011). برخی پژوهشگران گزارش کردند که در شرایط تنش گرمایی در مزرعه تعداد دانه کاهش می‌یابد (Singh *et al.*, 2011; Modhej *et al.*, 2008). اگرچه در اثر تنش دمای بالا در زمان گلدهی و مرحله نمو دانه گرده، تعداد دانه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Mian *et al.*, 2007)؛ ولی محلول‌پاشی اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش موجب افزایش تعداد دانه شد (جداول ۳ و ۶). کاهش در تعداد دانه مستقیماً به اثر تنش گرمایی آخر فصل رشد بر گلدهی و گرده‌افشانی برمی‌گردد. دمای بالا با اختلال در گلدهی و گرده‌افشانی باعث کاهش در تشکیل دانه و عقیمی سنبلک‌ها می‌گردد (Modarresi *et al.*, 2010).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی با اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در زمان‌های مختلف رشد در ارقام فونگ و چمران گندم بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 5- Analysis of variance for the effect of foliar application with salicylic acid and abscisic acid at different growth times of Fong and Chamran wheat cultivars on studied characteristics

		Mean squares میانگین مربعات				
منابع تغییرات **Source of variation**	درجه آزادی **d.f**	تعداد دانه در سنبلک **Grain number per spiklet**	تعداد دانه در بوته **Grain number per plant**	وزن دانه در بوته **Grain weight per plant**	وزن هزار دانه **1000 grain weight**	شاخص برداشت **Harvest index**
Replication تکرار	2	0.08 ns	45.19 ns	0.40 ns	83.69 ns	15.44 ns
Solution type نوع محلول	1	0.03 ns	15.19 ns	0.52 ns	3.00 ns	0.02 ns
Error خطا	2	0.03	23.69	0.15	6.94	6.77
زمان محلول‌پاشی Foliar application time	3	0.14 ns	288.80**	0.85*	3.19 ns	53.41 ns
نوع محلول × زمان محلول‌پاشی Solution type × Foliar application time	3	0.06 ns	85.02*	0.08 ns	0.89 ns	12.63 ns
Error خطا	12	0.26	25.08	0.21	1.81	23.85
رقم Variety	1	0.08 ns	117.19*	0.19 ns	0.75 ns	0.02 ns
نوع محلول × رقم Solution type × Variety	1	0.01 ns	1.02 ns	0.52 ns	12.00 ns	7.52 ns
زمان محلول‌پاشی × رقم Foliar application time × Variety	3	0.36 *	958 ns	0.19 ns	0.31 ns	5.63 ns
نوع محلول × زمان محلول‌پاشی × رقم Solution type × Foliar application time × Variety	3	0.17 ns	18.30 ns	0.08 ns	0.56 ns	10.24 ns
Error خطا	16	0.08	22.79	0.19	3.73	15.08
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)	-	10.3	5.3	12.0	4.8	8.5

*، ** و ns: به‌ترتیب سطح معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

*, ** and ns: respectively, the significant level at the level of 5%, 1% and non-significant difference.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر زمان محلول‌پاشی بر تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته

Table 6- Mean comparison of the effect of foliar application time on grain number per plant and grain weight per plant

زمان محلول‌پاشی **Foliar application time**	تعداد دانه در بوته **Grain number per plant**	وزن دانه در بوته **Grain weight per plant ($g\ plant^{-1}$)**
شاهد	75.0	2.8
دو هفته قبل از گلدهی 15 days before flowering	85.1	3.3
گلدهی Flowering	93.6	3.8
دو هفته پس از گلدهی 15 days after flowering	87.9	3.4
گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن Flowering and 15 days before and after that	95.7	3.8
LSD (0.05%)	8.9	0.4

نتایج مقایسه میانگین اثر زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین وزن دانه در بوته متعلق به تیمارهای محلول‌پاشی در زمان گلدهی و در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن به میزان ۳/۸ گرم در بوته (۲۶/۳ افزایش در مقایسه با شاهد) است (جدول ۶). کم‌ترین مقدار وزن دانه در بوته به تیمار محلول‌پاشی در زمان دو هفته قبل از گلدهی به میزان ۳/۳ گرم در بوته (۱۵/۱ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) اختصاص داشت (جدول ۶). وزن دانه یکی از اجزای مهم در عملکرد گندم و مهم‌ترین هدف از کشت است که به‌وسیله طول دوره و هم‌چنین سرعت پر شدن دانه تعیین می‌شود و در اثر وقوع تنش کاهش می‌یابد. تنش گرمای انتهای فصل رشد ازیک‌طرف با تسریع در مراحل رشد و نمو و کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی گیاه و از طرف دیگر با تأثیر منفی بر اندام‌زایشی و قابلیت زنده ماندن دانه گرده و مادگی و پیشگیری از باروری مناسب باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Modarresi *et al.*, 2010). وزن دانه در شرایط تنش به علت محدود بودن انتقال مجدد در تیمارهای تحت تنش کاهش می‌یابد. همچنین تنش از طریق اختلال در روند جذب و انتقال مواد غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Zarea- Feizabady and Ghodsi, 2004). کاهش عملکرد گندم تحت شرایط تنش دمای بالا، بیشتر به تعداد کم‌تر دانه در سنبله و اندازه کوچک‌تر دانه مرتبط است (Gibson and Paulsen, 1999). القاء تنش گرما در زمان شروع و در طول دوره گلدهی با کاهش کارایی دانه گرده و تخمدان باعث جلوگیری از انجام عمل باروری و درنتیجه کاهش دانه‌بندی می‌شود. از طرفی زمانی که گیاهان در مرحله پس از گلدهی و در مرحله پر شدن دانه در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند، تنش گرما با سرعت بخشیدن در این مرحله و کاهش دوره پر شدن دانه، موجب کاهش وزن دانه و درنتیجه عملکرد می‌شود. هم‌چنین در این مرحله گیاه تمایل دارد که با تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به دانه با تنش گرما مقابله کند، اما تنش گرما با اختلال در عمل فتوسنتز و انتقال مواد به دانه موجب کاهش وزن دانه می‌شود (Wahid *et al.*, 2007; Modarresi *et al.*, 2010). کاهش وزن دانه در پاسخ به تنش گرما در مراحل اولیه پر شدن دانه را می‌توان به تعداد کم‌تر سلول‌های آندوسپرم مربوط دانست، درحالی‌که در مراحل بعدی، تنش گرما با ایجاد محدودیت در سنتز نشاسته و درنتیجه محدودیت در تولید فرآورده‌های فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به دانه‌ها موجب کاهش وزن دانه می‌گردد (Barnabas *et al.*, 2008). اسید آبسزیک از طریق بسته شدن روزنه‌ها روابط آبی گیاه را بهبود می‌بخشد و سبب بهبود آثار منفی تنش گرما می‌شود.

با توجه به جدول همبستگی صفات (جدول ۷) همبستگی معنی‌داری بین وزن خشک اندام هوایی با تعداد دانه (r=۰/۶۲**)، وزن دانه (r=۰/۶۰**) و شاخص برداشت (r=-۰/۲۹*) مشاهده شد (جدول ۷). درنتیجه با افزایش در وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه و وزن دانه در بوته افزایش و شاخص برداشت کاهش نشان دادند. این امر نشان داد که با افزایش در تولید فرآورده‌های فتوسنتزی و انتقال آن در پایان مراحل رشد و نموی به دانه‌های در حال رشد، تجمع ماده خشک در دانه‌ها افزایش یافت. از سوی دیگر با افزایش در وزن خشک اندام هوایی نسبت به وزن دانه میزان شاخص برداشت کاهش داشت. نتایج جدول همبستگی صفات (جدول ۷) نشان داد که با افزایش طول برگ پرچم، طول سنبله (r=۰/۴۵**) افزایش داشت (جدول ۷). برگ پرچم به‌عنوان نزدیک‌ترین منبع فتوسنتزکننده به سنبله بخش بالایی از مواد فتوسنتزی سنبله را تأمین می‌کند و این امر سبب همبستگی معنی‌دار و مثبت این دو صفت گردیده است. جدول همبستگی صفات نشان داد که تعداد دانه با وزن دانه (r=۰/۶۴**) همبستگی معنی‌دار داشت (جدول ۷). این امر حاکی از این است که وجود تعداد بیشتر دانه در بوته و انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به سمت مخزن (دانه‌ها)، وزن دانه در بوته را افزایش داد. نتایج همبستگی صفات (جدول ۷) حاکی از این است که با افزایش وزن دانه در بوته، شاخص برداشت افزایش یافت (r= ۰/۳۲**)، که با توجه به این‌که شاخص برداشت نشان‌دهنده تولید اقتصادی گیاه در برابر تولید کل گیاه است این امر طبیعی به‌نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، از نظر صفات همچون وزن خشک اندام هوایی و وزن دانه در بوته، محلول‌پاشی در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس از آن (صرف‌نظر از نوع رقم و نوع محلول) در مقایسه با سایر زمان‌های محلول‌پاشی بهتر بود. محلول‌پاشی در زمان گلدهی و قبل و پس‌ازآن سبب بهبود سطح پتانسیل فعالیت فتوسنتز پس از ظهور سنبله، بهبود تقسیمات میوزی سلول‌های مادر دانه گرده و افزایش باروری سنبله‌ها، کاهش عقیمی پنجه‌ها و افزایش تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش گرما می‌شود و سرعت انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به‌طرف دانه‌های در حال رشد را افزایش می‌دهد. رقم چمران نیز به دلیل وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته بیشتر در مقایسه با رقم فونگ، برتر تشخیص داده شد (صرف‌نظر از زمان محلول‌پاشی و نوع محلول). اسید سالیسیلیک با دارا بودن بیشترین تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، و وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با سایر محلول‌ها، برترین محلول تعیین گردید (صرف‌نظر از زمان محلول‌پاشی و رقم). بنابراین به نظر می‌رسد بهتر است به‌منظور کاهش اثرات سوء تنش گرمای پایان فصل رشد بر عملکرد گندم در استان خوزستان و مناطقی با شرایط مشابه، از گندم رقم چمران جهت کشت استفاده نمود و در زمان گلدهی و دو هفته قبل و پس‌ازآن با استفاده از اسید سالیسیلیک ۶۹ میلی‌گرم بر لیتر محلول‌پاشی کرد.

جدول ۷- جدول مقادیر همبستگی بین صفات در شرایط محلول‌پاشی با اسید آبسزیک و اسید سالیسیلیک در زمان‌های مختلف رشد در ارقام فونگ و چمران گندم

Table 7- Correlation value between traits at foliar application with salicylic acid and abscisic acid at different growth times of Fong and Chamran wheat cultivars

	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ارتفاع بوته Plant length	طول برگ پرچم Flag leaf length	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در بوته Spike number per plant	تعداد سنبلک در سنبله Spikelet number per spike	تعداد دانه در سنبلک Grain number per spiklet	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	وزن دانه در بوته Grain weight per plant	وزن هزاردانه 1000 grain weight	شاخص برداشت Harvest index
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	1										
ارتفاع بوته Plant length	0.14	1									
طول برگ پرچم Flag leaf length	0.15	-0.08	1								
طول سنبله Spike length	-0.10	0.17	0.45**	1							
تعداد سنبله در بوته Spike number per plant	0.03	0.10	-0.15	0.03	1						
تعداد سنبلک در سنبله Spikelet number per spike	0.04	0.01	-0.06	-0.10	0.11	1					
تعداد دانه در سنبلک Grain number per spiklet	0.06	0.05	-0.07	-0.04	-0.04	-0.02	1				
تعداد دانه در بوته Grain number per plant	0.62**	0.11	0.13	-0.07	0.08	-0.15	-0.07	1			
وزن دانه در بوته Grain weight per plant	0.60**	0.21	0.05	-0.04	0.08	0.16	-0.15	0.64**	1		
وزن هزار دانه 1000 grain weight	0.01	0.09	-0.22	0.02	0.01	0.18	0.04	-0.57**	0.02	1	
شاخص برداشت Harvest index	-0.29*	0.04	0.08	-0.02	0.18	-0.01	-0.05	0.17	0.32**	0.12	1

* و **: به‌ترتیب سطح معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد هستند.

* and **: respectively, the significant level at the level of 5% and 1%.

References

1. Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S., and Ghobadi, M. E. 2013. Investigation of some physiological and biochemical traits and their relationship with yield and its components in advanced bread wheat cultivars under post-pollinated water stress conditions. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 6 (1): 63-47. (in Persian).
2. Ahmadi, M., and Bahrani, M. J. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricaltural and Environmental Science 5: 755-761.
3. Barnabas, B., Jager, K., and Feher, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant Cell Environment 31: 11-38.
4. El-Tayeb, M. A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 42: 215-224.
5. Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reducutase activity, and seed yield in Brassica juncea. Photosynthetica 41 (2): 281-284.
6. Ferris, R., Wheeler, R. H., and Hadley, P. 1998. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field- grown crops of wheat. Annals of Botany 82: 631-639.
7. Fischer, A. S. 1985. Physiological limitation to producing wheat in semi-tropical and tropical environment and possible selection criteria. Wheats for More Tropical Environments. In: A proceedings of an international symposium on wheat production and research in tropical environments, CIMMYT, Mexico. pp. 209-230.
8. Gibson, L. R., and Paulsen, G. M. 1999. Yield Components of Wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. Crop Science 39: 1841-1846.
9. Hall, A. E. 1992. Breeding for heat tolerance. Plant Breeding Reviews 10: 129-168.
10. Hayat, Q., Hayata, S. H., Irfan, M., and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. A review. Environmental and Experimental Botany 68: 14-25.

11. Hussain, S., Ali, A., Ibrahim, M., Saleem, M. F., and Bukhsh, A. 2012. Exogenous application of abscisic acid for drought tolerance in sunflower (*Helianthus annus* L.). Journal of Animal & Plant Sciences 22 (3): 806-826.
12. Kaydan, D., and Yagmur, M. 2006. Effects of different salicylic acid doses and treatments on wheat (*Triticum aestivum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik.) yield and yield components. Journal of Agronomy College of Ankara University 12: 285-293.
13. Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D. L. 2003. Photosynthetic response of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160: 485-492.
14. Kumar, R. R., Goswami, S., Sharma, S. K., Singh, K., Gadpayle, K. A., Kumar, N., Rai, G. K., Singh, M., and Rai, R. D. 2012. Protection against heat stress in wheat involves change in cell membrane stability, antioxidant enzymes, osmolyte, H_2O_2 and transcript of heat shock protein. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 4 (4): 83-91.
15. Mian, M. A., Mahmood, A., Ihsan, M., and Cheema, N. M. 2007. Response of different wheat genotyps to post anthesis temperature stress. Journal of Agricultural Research 45 (4): 269-273.
16. Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A., and Mardi, M. 2010. Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. Cereal Research Communications 38: 23-31.
17. Modhej, A., Naderi, A., Emam, Y., Aynehband, A., and Normohamadi, G. H. 2008. Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. International Journal of Plant Production 2: 257-267.
18. Naghizadeh, M., and Gholami Tooran Poshty, A. 2014. Investigating the effect of seed pre-treatment with salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions. Agroecology Journal 6 (1): 170-162. (in Persian).
19. Nemeth, M., Janda, T., Hovarth, E., Paldi, E., and Szali, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Science 162: 569-574.
20. Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., and Sepaskhah, A. R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. International Journal of Plant Production 9 (3): 467-486.
21. Reynolds, M. P., Nagarajan, S., Razzaque, M. A., and Ageeb, O. A. 2001. Heat tolerance. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. and McNab, A. (eds) Application of physiology in wheat breeding. CIMMYT, Mexico, DF. pp. 124-135.
22. Sakhabudinova, A. R., Fakhutdinova, D. R., Bezukova, M. V., and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology 23: 314-319.
23. Salarpour Ghoraba, F., and Farahbakhsh, H. 2014. Effects of drought stress and salicylic acid on morphological and physiological traits of (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agricultural crop management (Journal of Agriculture) 16 (3): 765-778. (in Persian).
24. Shakirova, F. M., and Sahabutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.
25. Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fathutdinova, R. A., and Fathutdinova, D. R. 2003. Changes in hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.
26. Shojae, M., and Miri, H. 2012. Reducing detrimantal effects of salt stress on morphophysiological characteristics of wheat by application of salicylic acid. Electronic Journal of Crop Production 5 (1): 71-88. (in Persian).
27. Singh, K. H., Sharma, S. N., and Sharma, Y. 2011. Effect of high temperature on yield attributing traits in bread wheat. Bangladesh Journal of Agricultural Research 36 (3): 415-426.
28. Spink, J. H., Semere, T., Spares, D. L., Whaley, J. M., Foulkes, M. J., Clare, R. W., and Scott, R. K. 2000. Effect of sowing date on the optimum plant density of winter wheat. Annals of Applied Biology 137: 179-188.
29. Sun, T. P. and Gubler, F. 2004. Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 55: 197-223.
30. Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., and Foolad, M. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and Experimental Botany 61: 199-223.
31. Zaki, R. N., and Radwan, T. E. 2011. Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. Journal of Applied Sciences Research 7: 42-58.
32. Zarea- Feizabady, A., and Ghodsi, M. 2004. Evaluation of yield and yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under different irrigation regimes in Khorasam province in Iran. Journal of Agronomy 3: 184-187.
33. Zhang, X., Zhang, X., Liu, X., Shao, L., Sun, H., and Chen, S. 2015. Improving winter wheat performance by foliar spray of ABA and FA under water deficit conditions. Journal of Plant Growth Regulation. DOI 10.1007/s00344-015-9509-6. Springer.
34. Zhou, X., Mackeuzie, A., Madramootoo, C., and Smith, D. 1999. Effect of stem- injected plant growth regulators with or without sucrose on grain production, biomass and photosynthetic activity of field grown corn plants. Journal of Agronomy and Crop Science 183: 103-10.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 3, Fall. 2019, p. 467-476

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، ص. ۴۷۶-۴۶۷

Effect of Foliar Application of Growth Regulators on Growth and Induction of Terminal Heat Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum* L.)

N. Asadi Nasab[1], M. Nabipour[2]*, H. Roshanfekr[3], A. Rahnama Ghahfarokhi[3]

Received: 24-08-2018
Accepted: 03-06-2019

Introduction

Wheat is one of the most widely cultivated cereals in the world. Thermal stress is effective on photosynthesis, cellular and subcellular compounds, protein levels and antioxidant activity. The role of abscisic acid as an anti-stress hormone is easily proved. Abscisic acids cause stomatal closure and improve the plant's water relations. Salicylic acid, as a cell signal, increases the amount of defense compounds such as proline. Also, the use of salicylic acid increases the amount of polyphenols, spermidine and spermine in the plant, which can help stabilize the membrane under stress conditions. The present experiment was conducted to investigate the effect of foliar application with salicylic acid and abscisic acid on reducing the effects of terminal heat stress on the growth, yield and yield components of wheat (Fung and Chamran cultivars) in Ahvaz.

Materials and Methods

This experiment was conducted in a split split plot based on a randomized complete block design with three replications at the experimental farm of Shahid Chamran University of Ahvaz in 2016-2017. The experiment was directed in a potted (in field conditions) and heat stress was considered based on the planting date according to the 30-year estimate of ambient temperature and it's higher than the threshold of thermal tolerance of the wheat plant. In this experiment, three factors were investigated: foliar application (control (no foliar application), foliar application with abscisic acid (30 $mg.l^{-1}$), and foliar application with salicylic acid (69 $mg.l^{-1}$)), time of foliar application (15 days before flowering (A), flowering (B), 15 days after flowering (C) and 15 days before flowering, flowering and 15 days after flowering (ABC)) and wheat cultivars (Fung and Chamran).

Results and Discussion

According to the results, with increasing number of spikelets per spike, the number of grains per spikelet increased and thus, the number of grains per spike increased. Foliar application increased the number of seeds per plant compared to control treatment, which increased the seed weight. The lowest plant height was obtained to treatment of foliar application of salicylic acid at flowering time on Fung cultivar. The highest and lowest spike length were observed in the control of Fong and foliar application of salicylic acid at flowering time and two weeks before and after than on Fung cultivar. The results of mean comparison of the traits showed that the highest mean spikelet number per spike belonged to foliar application of salicylic acid at two weeks after flowering in Chamran cultivar. The highest dry weight of shoot was observed in foliar application of salicylic acid at two weeks after flowering on Chamran cultivar.

Conclusions

According to the results, for traits such as dry weight of shoot, grain weight per plant and 1000 grain weight, foliar application at flowering and two weeks before and after that (regardless of cultivars and type of solution) was better compared to the other foliar application times. Foliar application at flowering and two weeks before and after that, improved the photosynthesis potential after spike emergence, improvement of meiosis of pollen mothers cells and increasing the fertility of spikes, reducing the abortion of the claws and increasing the number of seeds per spike under heat stress conditions. Chamran cultivar was recognized as superior to shoot dry weight and number of seeds per plant, in comparison to Fung cultivar (regardless of the time of foliar application and solution type). Salicylic acid with the highest number of seeds per plant, seed weight per plant, 1000 seed weight, dry weight of shoot and harvest index were determined as the best solution (regardless of the foliar application time and cultivar). Therefore it seems that in order to reduce the effects of terminal heat stress, using the salicylic acid (30 mg L^{-1}) at flowering and two weeks before and after that on Chamran cultivar is appropriate in Khuzestan province and regions with similar conditions.

Keywords: Abscisic acid, Salicylic acid, Harvest index, Grain weight per plant

---

1- Graduated PhD. of Crop Physiology, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
2- Professor of Department of Production Engineering and Plant Genetic, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
3- Associate Professor of Department of Production Engineering and Plant Genetic, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: m.nabipour@scu.ac.ir)